

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. Januar 2003 (23.01.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/006704 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: C23C 14/50,
14/56, 14/06, 14/08, G02B 1/10

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/07141

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Juni 2002 (28.06.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
01810698.9 13. Juli 2001 (13.07.2001) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SATIS VACUUM INDUSTRIES VERTRIEBS-AG
[CH/CH]; Neuhofstrasse 12, CH-6340 Baar (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BREME, Frank
[DE/CH]; Zugerstrasse 14, CH-8915 Hausen am Albis
(CH).

(74) Anwalt: SCHAAD BALASS MENZI & PARTNER AG;
Dufourstrasse 101 / Postfach, CH-8034 Zürich (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT
(Gebrauchsmuster), AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY,
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ (Gebrauchsmuster),
CZ, DE (Gebrauchsmuster), DE, DK (Gebrauchsmuster),
DK, DM, DZ, EC, EE (Gebrauchsmuster), EE, ES, FI (Ge-
brauchsmuster), FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID,
IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,
NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK (Ge-
brauchsmuster), SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK,
ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR),
OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

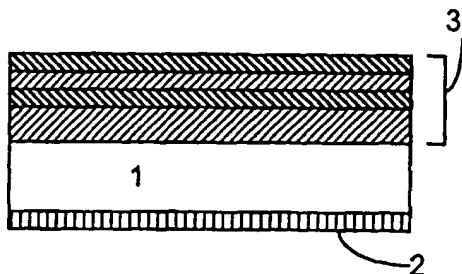
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING AN OPTICALLY EFFECTIVE SYSTEM OF LAYERS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINES OPTISCH WIRKSAMEN SCHICHT-
SYSTEMS



(57) Abstract: The invention relates to a method and a de-
vice for producing an optically effective system (3) of layers
on a substrate (1) comprising a first side (1a) and a second side
(1b), by the plasma-supported atomisation of a solid body tar-
get (sputtering). To reduce the damage to the rear side, prior to
the deposition of the system (3) of layers on the front side (1a)
of the substrate, a protective layer (2) is applied to the rear side
(1b) of said substrate, or a substrate with a protective layer (2)
that has already been applied is used.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein
Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines optisch
wirksamen Schichtsystems (3) auf einem Substrat (1) mit
einer ersten Seite (1a) und einer zweiten Seite (1b) durch
plasmaunterstütztes Zerstäuben eines Festkörpertargets (Sputtern). Zur Verminderung der Rückseitenbeschädigung wird vor
dem Abscheiden des Schichtsystems (3) auf der Vorderseite (1a) des Substrats auf dessen Rückseite (1b) eine Schutzschicht (2)
aufgetragen oder ein Substrat mit einer bereits aufgetragenen Schutzschicht (2) verwendet.

WO 03/006704 A1

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines optisch wirksamen Schichtsystems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines optisch wirksamen Schichtsystems mit den Merkmalen von Anspruch 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit den Merkmalen von Anspruch 13.

Zum Herstellen eines optischen Elements mit definierten optischen Eigenschaften ist es bekannt, ein Substrat in vorbestimmter Weise mit einem Schichtsystem aus mehreren Schichten mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften, insbesondere unterschiedlicher Brechzahl, zu versehen. Abhängig vom Aufbau des Schichtsystems kann beispielsweise die Reflexion oder Transmission in bestimmten Wellenlängenbereichen weitgehend unterdrückt werden. Solche Schichtsysteme werden beispielsweise als Antireflexbeschichtung bei Brillengläsern oder für optische Filter oder Spiegel verwendet. Übliche Schichtmaterialien sind insbesondere Dielektrika wie Siliziumoxid oder Siliziumnitrid. Beispiele für den Aufbau von Antireflexbeschichtungen für Brillengläser sind beispielsweise in H. Pulker, Optical Coatings on Glass, 2nd edition, Elsevier, Amsterdam 1999 beschrieben. Zur Herstellung eines optischen Elements mit hoher Qualität müssen die einzelnen Schichten des Schichtsystems über die gesamte Substratfläche eine vorbestimmte Dicke aufweisen. Des weiteren muss das Substrat eine vorbestimmte Oberflächenstruktur haben.

Zur Herstellung von dünnen Schichten werden beispielsweise Sputterverfahren eingesetzt. Ein Festkörpertarget wird

- 2 -

durch einen Ionenstrahl oder in einem Plasma mit Ionen beschossen, wodurch einzelne Atome aus dem Target gelöst werden und sich auf dem Substrat ablagern. Zur Herstellung optischer Beschichtungen ist dem Sputter-Gas, z.B. Argon, häufig ein reaktives Gas beigelegt, z.B. Sauerstoff oder Stickstoff, mit dem die sich ablagernden Atome reagieren. Es ist beispielsweise aus M. Ruske et al., Properties of SiO₂ and Si₃N₄ layers deposited by MF twin magnetron sputtering using different target materials, Thin Solid Films 351 (1999) 158-163 bekannt, mit einem einzigen Targetmaterial durch Zusatz von beispielsweise Sauerstoff oder Stickstoff als reaktivem Gas optische Schichten unterschiedlicher Zusammensetzung herzustellen, z.B. SiO₂ und Si₃N₄. Beim Sputtern kann nur die dem Target zugewandte Seite beschichtet werden. Bei einem beidseitig zu beschichtenden Substrat, z.B. einem Brillenglas, wird das Substrat daher nach der Beschichtung der Vorderseite gewendet, um die Rückseite zu beschichten.

Problematisch bei plasmagestützten Sputterverfahren zur Herstellung von optischen Schichtsystemen auf einem Substrat ist die sogenannte Rückseitenbelastung, d.h. eine Beschädigung durch z.B. Materialabtrag, Zersetzung, Kontamination und dergleichen. Während des Beschichtens einer Seite erfährt die andere Seite des Substrats durch das umgebende Plasma unerwünschte Veränderungen. Insbesondere sauerstoffhaltige Plasmen beschädigen die Substratoberfläche. Sauerstoffhaltige Plasmen werden bei allen gängigen reaktiven Sputterverfahren für die Abscheidung zumindest eines Schichtmaterials eingesetzt, z.B. von SiO₂. Die Rückseitenbelastung ist kritisch bei optischen Elementen, bei denen Vorder- und Rückseite mit einem wohldefinierten Schichtsystem versehen werden

- 3 -

müssen. Auch kann die Oberflächenveränderung dazu führen, dass die aufgebrachte Beschichtung nicht dauerhaft haftet.

Zum Schutz der abgewandten Seite vor unerwünschten Ablagerungen ist es bekannt, das Substrat möglichst passgenau in
5 einen Substrathalter einzusetzen, so dass die abgewandte Seite nicht in Kontakt mit dem Plasma bzw. dem Targetmaterial kommt. Dazu wird die Kontur des Substrathalters so an die Form der Oberfläche des Substrats angepasst, dass ein gegenseitiger Abstand von höchstens 2 mm (Dunkel-
10 raumabstand) besteht und sich in diesem Bereich kein Plasma bilden kann. Da die Krümmungen von ophthalmischen Linsen stark variieren, ist eine grosse Anzahl von verschiedenen Substrathaltern notwendig, die vor jedem Beschickungsvorgang überprüft und gegebenenfalls gewech-
15 selt werden müssen.

Aus der US 6 143 143 ist bekannt, die jeweils nicht besputterte Seite eines optischen Glases durch mechanische Mittel vor unerwünschten Ablagerungen zu schützen. Dazu wird vorgeschlagen, die der zu besputternden Seite
20 abgewandte Seite entweder durch Aufkleben einer Membran oder durch Auftragen eines schützenden Gels oder Sprays zu bedecken. Als weitere Lösung wird ein Substrathalter aus einem elastischen Material vorgeschlagen, z.B. Schaumstoff oder Neopren, der sich an das Substrat anschmiegt.
25 Nachteilig hierbei ist der hohe Aufwand, das Material aufzubringen und anschliessend zum Beschichten der anderen Seite wieder zu entfernen. Die Sputterkammer muss dazu während des Prozesses belüftet werden. Des weiteren kann Material wie die aufgeklebte Membran die Reaktions-
30 bedingungen in der Sputterkammer stören und zu unerwünschten Ablagerungen oder Veränderungen in der Struktur der Schichten führen.

- 4 -

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein plasmagestütztes Sputterverfahren zur Herstellung eines optisch wirksamen Schichtsystems auf einem flächigen Substrat anzugeben, bei welchem Beeinträchtigungen der Rückseite des Substrats bzw. des darauf abgeschiedenen Schichtsystems weitgehend vermieden werden. Des weiteren soll eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Verfügung gestellt werden.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 sowie durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 13. Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens und der Vorrichtung sind in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen beschrieben.

Bei einem plasmaunterstützten Sputterverfahren zur Herstellung eines optisch wirksamen Schichtsystems auf einem Substrat mit einer Vorderseite und einer Rückseite, insbesondere einem flächigen, transparenten Substrat, z.B. einem optischen Element aus Kunststoff oder Glas, wird erfindungsgemäss vor dem Beschichten der ersten Seite, z.B. der Vorderseite, auf der zweiten Seite, z.B. der Rückseite, des Substrats eine Schutzschicht aufgetragen oder ein Substrat mit einer bereits vorhandenen Schutzschicht verwendet. Nach Herstellung des Schichtsystems auf der ersten Seite wird das Substrat gegebenenfalls gewendet, um ein weiteres Schichtsystem auf der zweiten Seite abzuschneiden. Die Schutzschicht schützt das Substrat vor unerwünschten Veränderungen durch die reaktive Atmosphäre während des Beschichtens der ersten Seite. Sie kann durch eine einzelne Schicht oder durch ein auf der zweiten Seite aufgetragenes zusätzliches Schichtsystem gebildet sein. Die Schutzschicht verbleibt

- 5 -

abgesehen vom teilweisen Abbau während des Auftragens weiterer Schichten dauerhaft auf dem Substrat. Im Gegensatz zu bekannten schützenden Folien ist die erfindungsgemäße Schutzschicht daher permanent. Da die

5 Schutzschicht vorzugsweise in die Funktion des herzustellenden Schichtsystems integriert wird, ist kein Schritt zum Entfernen von beispielsweise einer schützenden Folie notwendig.

Bevorzugt wird die Schutzschicht auf die zweite Seite

10 aufgesputtert. Besondere Vorteile hat das Verfahren, wenn dies innerhalb der zur Herstellung des Schichtsystems auf der ersten Seite verwendeten Vorrichtung erfolgt, da dann kein erneutes Evakuieren der Sputterkammer notwendig ist und die beiden Seiten unmittelbar nacheinander bearbeitet

15 werden können. Nach dem Auftragen der Schutzschicht wird das Substrat vorzugsweise automatisch zum Besputtern der Vorderseite gewendet.

Die Prozessbedingungen bei der Herstellung der Schutzschicht bzw. ihre Dicke und ihr Material werden so

20 gewählt, dass die Vorderseite des Substrats durch die Herstellung der Schutzschicht nicht beeinträchtigt wird, jedoch eine ausreichende Schutzwirkung gegeben ist, indem während der Beschichtung der ersten Seite höchstens die Schutzschicht, nicht aber das Substrat abgetragen wird.

25 Die erste Bedingung wird vorzugsweise erfüllt, indem die Schutzschicht in einem stickstoffhaltigen Plasma abgeschieden wird und beispielsweise aus Siliziumnitrid Si_xN_y besteht. Gegebenenfalls kann auch ein Sauerstoffplasma zum Einsatz kommen, da die Belastung der Vorderseite durch

30 Geringhalten der Abscheidedauer und/oder durch erhöhte Abscheidedrücke kontrollierbar ist. Bevorzugt ist eine maximale Dicke von etwa 40 μm . Die zweite Bedingung wird

- 6 -

beispielsweise dadurch erfüllt, dass die Schutzschicht eine minimale Dicke von etwa 10 µm aufweist.

Die Schutzschicht besteht beispielsweise aus Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid und/oder Aluminiumnitrid.

5 Diese Materialien haben den Vorteil, dass die Schutzschicht und die weiteren hoch- und niedrigbrechenden Schichten des Schichtsystems mit einem einzigen silizium- bzw. aluminiumhaltigen Target herstellbar sind. Wenn mit unterschiedlichen Targets gearbeitet wird, kommt für die
10 Schutzschicht grundsätzlich die erste Schicht des auf der Rückseite anzubringenden weiteren Schichtsystems in Frage, beispielsweise die gängigen hochbrechenden Materialien Titanoxid TiO_2 , Zirkonoxid ZrO_2 , Tantalumpentaoxid Ta_2O_5 .

Bei Beschichtung beider Substratseiten dient die Schutzschicht in einer vorteilhaften Weiterbildung des Ver-
15 fahrens als erste Schicht des auf der Rückseite aufzutragenden Schichtsystems. Die Herstellungsbedingungen werden so gewählt, dass die optischen Eigenschaften der Schutzschicht nach Erfüllen der Schutzfunktion an die
20 durch das weitere Schichtsystem zu erfüllenden Vorgaben angepasst sind. Dabei wird der Materialverlust während der Vorderseiten-Beschichtung gegebenenfalls eingerechnet. Insbesondere bei Antireflex-Beschichtungen besteht die unterste Schicht üblicherweise aus einer optisch
25 hochbrechenden Schicht, z.B. Siliziumnitrid Si_3N_4 , und kann die Funktion der Schutzschicht übernehmen.

Besonders einfach ist die Durchführung des Verfahrens, wenn die Schutzschicht unter Verwendung desselben Targets hergestellt wird, das auch zur Herstellung wenigstens
30 einzelner, vorzugsweise aller Schichten des Schichtsystems dient. In diesem Fall kann die vollständige Beschichtung

- 7 -

einschliesslich der Schutzschicht ohne Austausch des Targets aufgesputtert werden. Die verschiedenen brechenden Materialien der einzelnen Schichten können durch Austausch der reaktiven Gase realisiert werden. Beispielsweise wird
5 ein reines Silizium- oder ein Silizium-Aluminium-Target in wechselweise O₂- und N₂-haltigem Plasma eingesetzt.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens umfasst eine evakuierbare Sputterkammer und einen Substrathalter mit drehbaren Aufnahmeelementen für
10 Substrate, mit denen die Substrate sowohl um eine im wesentlichen parallel zur Substratfläche orientierte Wendeachse als auch um eine im wesentlichen senkrecht zur Substratfläche orientierte Drehachse drehbar sind. Bei einem kreisförmigen konkaven oder konvexen Substrat ist
15 die Drehachse beispielsweise die durch den Scheitelpunkt laufende Flächennormale und die Wendeachse eine Senkrechte dazu. Durch die erfindungsgemässe Vorrichtung kann bei ortsfestem Target durch Wenden des Substrats wahlweise die Vorderseite oder die Rückseite der Substrate besputtert
20 werden kann, ohne die Sputterkammer zu öffnen. Die Drehbewegung dient zur Erzeugung einer homogenen und gleichmässigen Schichtdickenverteilung. Besonders bevorzugt werden beide Bewegungen mit demselben Antrieb realisiert.

25 Neben der vollständigen Beschichtung beider Substratseiten in einer einzigen Anlage eignet sich die Erfindung hervorragend zur Endfertigung von „semi-finished“ oder „finished“ Linsen durch den Optiker durch Aufbringen der vom Kunden gewünschten Beschichtungen. Hierbei fungiert
30 erfindungsgemäss eine bereits auf dem Substrat vorhandene Beschichtung als Schutzschicht.

- 8 -

Bei sogenannten „semi-finished“ Linsen hat die Vorderseite vom Werk aus bereits eine bestimmte Form mit den gewünschten optischen Eigenschaften, während die Rückseite vom Optiker durch Schleifen individuell so mechanisch

5 bearbeitet wird, dass die Linse die im Einzelfall bestehenden Vorgaben, z.B. hinsichtlich Brechkraft und/oder Zylinder, erfüllt. Die Beschichtungen sind bei solchen Linsen ebenfalls vom Optiker anzubringen. Gemäss der Erfindung wird bei einer solchen Linse zunächst ein

10 vollständiges Antireflex-Schichtsystem auf der Vorderseite, in diesem Fall der „zweiten“ Seite gemäss Anspruch 1, aufgetragen das als Schutzschicht fungiert. Die bei dessen Herstellung auftretende Rückseitenbelastung wird durch die nachträgliche mechanische Bearbeitung der

15 Rückseite eliminiert. Anschliessend wird ein Antireflex-Schichtsystem auf die Rückseite, in diesem Fall der „ersten“ Seite gemäss Anspruch 1, aufgesputtert. Dabei ist die Vorderseite durch die zuvor aufgebrachte komplette Antireflex-Beschichtung geschützt. Bevorzugt wird das als

20 Schutzschicht wirkende Schichtsystem auf die Vorderseite aufgesputtert. Die Vorderseitenbeschichtung kann jedoch auch herstellerseitig in einer separaten Grossanlage, z.B. in einem sogenannten Boxcoater, durchgeführt werden. Dabei kann das Schichtsystem auch mittels Elektronenstrahl-

25 verdampfen hergestellt werden.

Als Alternative zum oben geschilderten Ablauf kann die Rückseite („erste“ Seite) mechanisch komplett bearbeitet werden, bevor die Vorderseite („zweite“ Seite) mit dem als Schutzschicht wirkenden Schichtsystem beschichtet wird.

30 Nach dem Aufbringen der Schutzschicht wird auf der eventuell belasteten Rückseite ein Hartlack zur Verbesserung der Kratzfestigkeit aufgebracht. Dieser Hartlack hat keine Haftungsprobleme auf einer eventuell

- 9 -

belasteten Oberfläche, stellt jedoch eine unbelastete neue Oberfläche für das anschliessend aufgesputterte Schichtsystem dar. Mit diesem Verfahren können auch sogenannte „finished“ Linsen, d.h. solche mit herstellenseitig vorgegebenen Optik ohne mechanische Nachbearbeitung, die keinen Hartlack auf der Rückseite besitzen, beschichtet werden.

Es versteht sich, dass Material und Dicke des bereits auf als Schutzschicht wirkenden Schichtsystems bzw. dessen oberster Schicht wie oben beschrieben so gewählt werden, dass die optischen Eigenschaften durch die Belastung beim Auftragen des eigentlichen Schichtsystems auf der anderen Seite nicht beeinträchtigt bzw. in kontrollierter Weise verändert werden.

Weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt, wobei rein schematisch zeigen:

Fig. 1A-E die einzelnen Verfahrensschritte beim Beschichten von Vorder- und Rückseite eines Substrats;

Fig. 2 ein erfindungsgemässer Substrathalter in 3D-Ansicht in Arbeitsposition (Beschichten);

Fig. 3 der Substrathalter gemäss Fig. 2 in Wendeposition;

Fig. 4 den Substrathalter aus Fig. 2 im Längsschnitt in Arbeitsposition;

Fig. 5 den Substrathalter aus Fig. 2 im Längsschnitt in Wendeposition.

- 10 -

Anhand von Fig. 1A-E wird im folgenden ein Verfahrens-
beispiel für die Beschichtung von flächigen, transparenten
Substraten 1, insbesondere Brillengläsern, mit einer
Antireflex-Schicht 3, 4 auf der Vorderseite 1a („erste“
5 Seite) und der Rückseite 1b („zweite“ Seite) beschrieben.
Die in den Figuren gezeigten Abmessungen sind rein
schematisch; auch ist die häufig vorhandene Krümmung des
Substrats 1 nicht gezeigt.

Typische Gasflüsse liegen im Bereich von beispielsweise 2
10 bis 50 sccm (Standard-Kubikzentimeter), können je nach
Anwendungsfall und eingesetzter Pumpe auch kleiner oder
grösser sein. Der daraus resultierende Druck in der
Beschichtungskammer liegt im Bereich $5 \cdot 10^{-2}$ bis $8 \cdot 10^{-4}$ mbar.
Die Plasmaleistung beträgt beispielsweise etwa 1,0 - 2,5
15 KW.

Als Sputterverfahren wird das gepulste DC-Sputtern
eingesetzt. Dabei wird das Plasma mit einem Elektronen-
Gleichstrom erzeugt, der mit einer bestimmten Frequenz
ein- und ausgeschaltet wird. Während einer Periode ist das
20 Plasma jeweils für eine bestimmte Zeit (Pulse pause time
PPT) ausgeschaltet.

Die einzelnen Schichten der Schichtsysteme 3, 4 werden
jeweils nach folgendem Schema abgeschieden: Zunächst
werden die Gasflüsse eingestellt. Nach einer kurzen
25 Wartezeit, z.B. 10 s, wird das Plasma gezündet. Ein
Shutter zwischen Target und Substrat 1 wird nach einer zur
Plasmastabilisierung genutzten weiteren Wartezeit, z.B. 10
s, für die vorgegebene Beschichtungsdauer geöffnet und
anschliessend geschlossen.

- 11 -

Zuerst wird die konkave Seite 1b mit einer erfindungsgemässen Schutzschicht 2 aus Si_xN_y besputtert. Dazu werden beispielsweise folgende Prozessparameter gewählt:

10 sccm Ar_2 , 30 sccm N_2 , Leistung: 1750 W, Frequenz: 90
5 kHz, Pulse reverse time (PPT): 5 μs . Bei einer Beschichtungsdauer von 22 s wird eine 15 nm dicken Si_xN_y -Schicht 2 abgeschieden (Fig. 1A).

Anschliessend wird das Substrat 1 gewendet (Fig. 1B) und die konvexe Seite 1a in an sich bekannter Weise mit einem
10 Antireflex-Schichtsystem 3 beschichtet, das hier aus vier Schichten besteht (Fig. 1C). Ein typisches Schichtsystem umfasst von innen nach aussen beispielsweise 35 nm Si_xN_y , 20 nm SiO_2 , 61 nm Si_xN_y , 92 nm SiO_2 .

Für die Si_xN_y -Schichten werden die Prozessparameter mit
15 Ausnahme der Beschichtungsdauer beispielsweise entsprechend der Parameter für die Herstellung der Schutzschicht gewählt.

Für die SiO_2 -Schichten werden beispielsweise folgende
Parameter gewählt: 10 sccm Ar_2 , 25 sccm O_2 ; 1750 W, 90 kHz,
20 5 μs PPT

Die Beschichtungszeiten (Shutter in der Stellung "offen") betragen für die Schichten von innen nach aussen beispielsweise: 1. 41 s, 2. 25 s, 3. 72 s, 4. 115 s.

Nach dem Abscheiden des vollständigen Schichtsystems auf
25 der konvexen Seite wird das Substrat erneut gewendet (Fig. 1D) und die konkaven Seite 1b mit dem restlichen Antireflex-Schichtsystem 4 beschichtet (Fig. 1E), das mit dem Schichtsystem 3 der konvexen Seite 1a identisch ist. Von der Schutzschicht wurden durch die Rückseitenbelastung

- 12 -

des Plasmas etwa 5 nm abgetragen, so dass noch 10 nm Si_xN_y verbleiben (Dickenverlust nicht dargestellt). Es werden damit als erste Schicht 25 nm Si_xN_y abgeschieden, dann folgen wie beschrieben die übrigen drei Schichten. Dies
5 ist schematisch dadurch angedeutet, dass die an die Schutzschicht 2 in Fig. 1 angrenzende Schicht gegenüber der entsprechenden inneren Schicht des Schichtsystems 3 eine geringere Dicke aufweist. Die Beschichtungsraten sind aufgrund des grösseren Abstandes der konkaven Linsenseite
10 zum Target um ca. 10 % kleiner.

Die Beschichtungszeiten betragen für die Schichten von innen nach aussen beispielsweise: 1. 32 s, 2. 27 s, 3. 79 s, 4. 126 s.

In den Figuren 2-5 ist ein Substrathalter 5 als Kernstück
15 einer erfindungsgemässen Vorrichtung dargestellt. Neben dem erfindungsgemässen Beschichtungsverfahren kann er bei sämtlichen Beschichtungsvorgängen eingesetzt werden, bei denen ein Substrat im Vakuum sowohl gedreht als auch gewendet werden muss.

20 Der Substrathalter 5 umfasst vier ringförmige Aufnahmeelemente 6, in die das Substrat, beispielsweise ein Brillenglas, so eingesetzt werden kann, dass seine Hauptoberflächen bzw. die Vorder- und Rückseite zugänglich sind. Die Aufnahmeelemente 6 bestehen aus einem inneren
25 Ring 6a und einem äusseren Ring 6b, die relativ zueinander verdrehbar sind. Der innere Ring 6a weist Nocken 16 auf, mit denen er in Drehung relativ zum äusseren Ring versetzt werden kann. Der äussere Ring 6b weist an seinem Umfang zwei Stifte 23a, 23b auf, mit denen er in der Abdeckung 21
30 des Substrathalters 5 gelagert ist. Die Stifte 23a, 23b definieren die Wendeachse. Einer der Stifte 23a ist mit

- 13 -

einem Ankopplungselement 22, z.B. einem Zahnrad, versehen und wirkt mit einem Wendeantrieb 9 zusammen (siehe unten).

Die Aufnahmeelemente 6 liegen in der Arbeitsposition (Fig. 2 und 4) auf Aufnahmeschalen 8 auf. Diese sind Teil eines Planetengetriebes 7 und werden durch einen Antrieb 10 in eine Drehbewegung versetzt. Diese Bewegung wird durch den Nocken 16 am inneren Ring 6a und Nocken 15 an den den Aufnahmeschalen 8 auf den inneren Ring 6a der Aufnahmeelemente 6 übertragen. Das Planetengetriebe 7 wird angetrieben, indem eine mit den Aufnahmeschalen 8 gekoppelte Welle 14 durch den Antrieb 10 gedreht wird. Die Aufnahmeschalen 8 sind um ihre Längsachse drehbar und werden gedreht, indem bei der Rotation der Welle Zahnkränze 18 an den Aufnahmeschalen 8 an einem nicht mitdrehenden äusseren Planetenrad 19 abrollen. Das äussere Planetenrad 19 wird festgehalten, indem es wenigstens mittelbar mit nach unten ragenden Kulissen 13 verbunden ist, mit denen ein drehfest am unteren Teil 5b des Substrathalters 5 angeordneter Schaltzapfen 11 zusammenwirkt. Durch einen Hubzylinder 20 ist der obere Teil 5a des Substrathalters 5 relativ zum unteren Teil 5b verschiebbar.

In der Arbeitsposition ist der Abstand derart, dass zwar die Schaltzapfen 11 mit der Kulisse 13 zusammenwirken, so dass das Planetengetriebe in Gang gesetzt wird, jedoch die Schaltzapfen 11 nicht bis in den Bereich der äusseren Planetenscheibe 19 ragen. Damit werden die Aufnahmeelemente 6 in der Arbeitsposition wie beschrieben um eine durch ihren Mittelpunkt verlaufende Drehachse gedreht.

Zum Wenden der Aufnahmeelemente wird der Abstand zwischen dem oberen und dem unteren Teil 5a, 5b verringert. Die

- 14 -

Schaltzapfen 11 greifen nun in den oberen Teil 5a ein und drücken dessen Abdeckung 21, in der die Aufnahmeelemente 6 gelagert sind, nach oben. Die Aufnahmeelemente 6 werden so aus den Aufnahmeschalen 8 gehoben und nicht weiter gedreht. In dieser Stellung sind die Ankopplungselemente 22 der Aufnahmeelemente 6 sind im Eingriff mit jeweils einem Wendeantrieb 9. Dieser ist mit jeweils einem Schaltteller 12 verbunden. Indem der Schaltzapfen 11 in der Wendeposition (geringer Abstand der Teile 5a, 5b) bei Rotation der Welle und damit der Wendeantriebe 9 um die Wellenlängsachse periodisch gegen die Schaltteller 12 bzw. einen daran angeordneten Nocken stösst, wird der Wendeantrieb in eine Drehbewegung um seine eigene Längsachse versetzt. Diese Drehbewegung wird durch das Ankopplungselement 22 in die Wendebewegung der Aufnahmeelemente 6 umgesetzt.

Im Anwendungsfall befinden sich im wesentlichen nur der obere Teil 5a und die Schaltzapfen 11 innerhalb der Sputterkammer. Durch den gemeinsamen Antrieb 10 muss lediglich eine Durchführung gegeneinander beweglicher Bauteile, hier die Welle 14 und die sie umgebenden Hülsen, aus der Vakuumkammer realisiert und abgedichtet werden.

Mit dem beschriebenen Substrathalter 5 lässt sich das erfindungsgemässe Verfahren schnell und ohne zwischenzeitliches Belüften durchführen. Indem mehrere Substrate gleichzeitig beschichtet und gewendet werden können, lässt sich ein hoher Durchsatz erzielen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines optisch wirksamen Schichtsystems (3) auf einem Substrat (1) mit einer ersten Seite (1a) und einer zweiten Seite (1b) durch
5 plasmaunterstütztes Zerstäuben eines Festkörpertargets (Sputtern), dadurch gekennzeichnet, dass auf der zweiten Seite (1b) des Substrats (1) eine Schutzschicht (2) aufgetragen wird oder ein Substrat (1) mit einer bereits aufgetragenen Schutzschicht (2)
10 verwendet wird und dass auf der ersten Seite (1a) des Substrats das Schichtsystem (3) aufgesputtert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht (2) durch eine einzelne Schicht oder durch ein auf der zweiten Seite
15 aufgetragenes zusätzliches Schichtsystem gebildet ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Herstellung des Schichtsystems (3) auf der ersten Seite (1a) ein
20 weiteres Schichtsystem (4) auf der zweiten Seite (1b) aufgesputtert wird, vorzugsweise innerhalb der zur Herstellung des Schichtsystems (3) verwendeten Vorrichtung.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
25 dass die Schutzschicht (2) derart gewählt ist oder hergestellt wird, dass ihre optischen Eigenschaften an die durch das weitere Schichtsystem (4) zu erfüllenden Vorgaben angepasst sind.

- 16 -

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht (2) auf der zweiten Seite (1b) aufgesputtert wird, vorzugsweise innerhalb der zur Herstellung des Schichtsystems (3) verwendeten Vorrichtung.
5
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht (2) unter Verwendung eines im wesentlichen sauerstofffreien Plasmas aufgesputtert wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht (2) unter Verwendung desselben Targets hergestellt wird, das auch zur Herstellung wenigstens einzelner Schichten des Schichtsystems (3, 4) dient.
- 15 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung der Schutzschicht (2) und der Schichten des Schichtsystems (3, 4) dasselbe Target verwendet wird, wobei das Prozessgas zur Herstellung des Plasmas in Abhängigkeit von der herzustellenden Schicht ausgetauscht wird.
20
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht (2) aus Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid und/oder Aluminiumnitrid besteht.
- 25 10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht (2) mit einer Dicke von 10 bis 40 nm aufgetragen wird.
11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der

- 17 -

- Schutzschicht (2) und ihre Dicke in Abhängigkeit von den Prozessparametern beim Auftragen des Schichtsystems (3) auf der Vorderseite (1a) so gewählt werden, dass nach dem Auftragen dieses Schichtsystems (3) eine Schutzschicht (2) mit einer vorbestimmten Dicke vorhanden ist.
- 5
12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein als Schutzschicht (2) wirkendes Schichtsystem auf die zweite Seite (1b) aufgebracht wird bzw. ein Substrat mit einem solchen Schichtsystem verwendet wird, die erste Seite (1a) zuerst zum Erzielen von vorbestimmten optischen Eigenschaften mechanisch bearbeitet wird und anschliessend das Schichtsystem (3) auf die erste Seite (1a) aufgetragen wird.
- 10
- 15
13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche mit einer evakuierbaren Sputterkammer und einem Substrathalter (5) mit Aufnahmeelementen (6) für Substrate (1), mit denen die Substrate (1) sowohl um eine im wesentlichen parallel zur Substratfläche orientierte Wendeachse als auch um eine im wesentlichen senkrecht zur Substratfläche orientierte Drehachse drehbar sind.
- 20
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein gemeinsamer Antrieb (10) für die Drehbewegung und die Wendebewegung vorhanden ist.
- 25

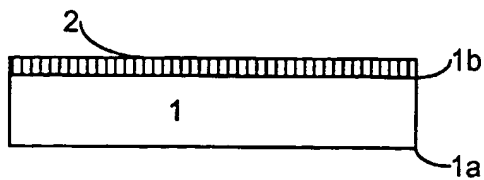


FIG. 1A

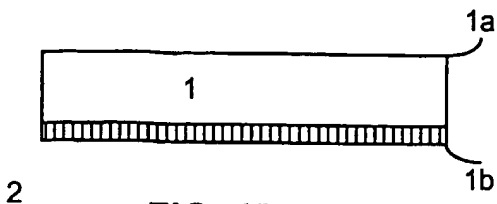


FIG. 1B

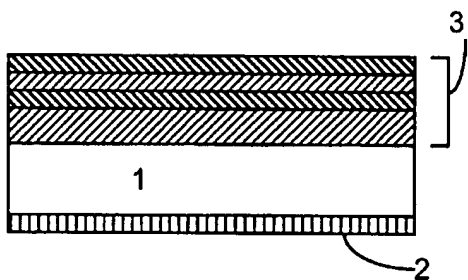


FIG. 1C

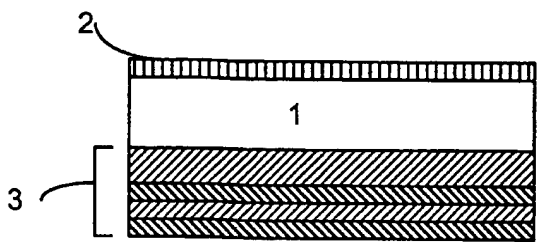


FIG. 1D

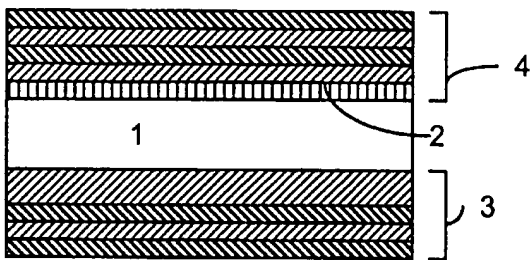


FIG. 1E

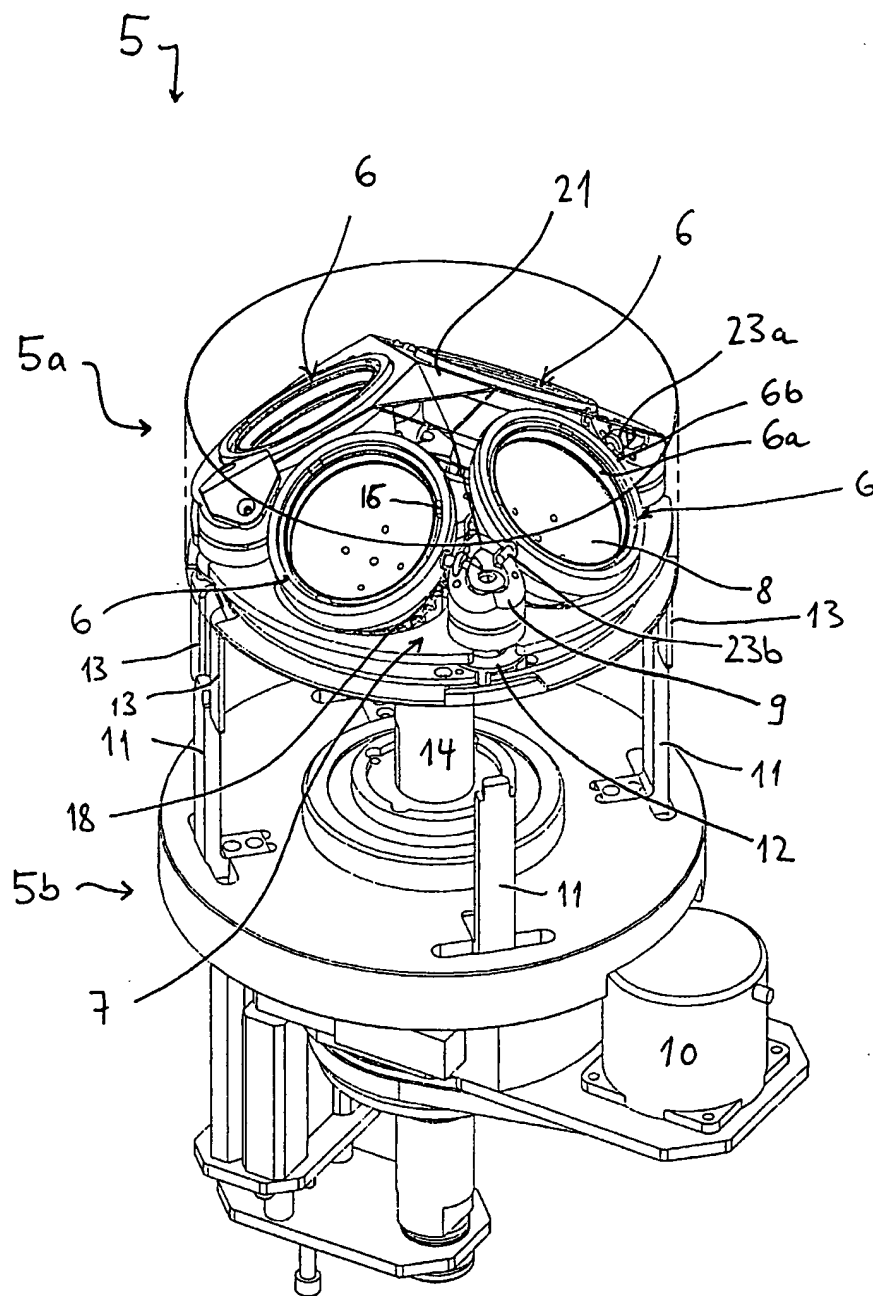


FIG. 2

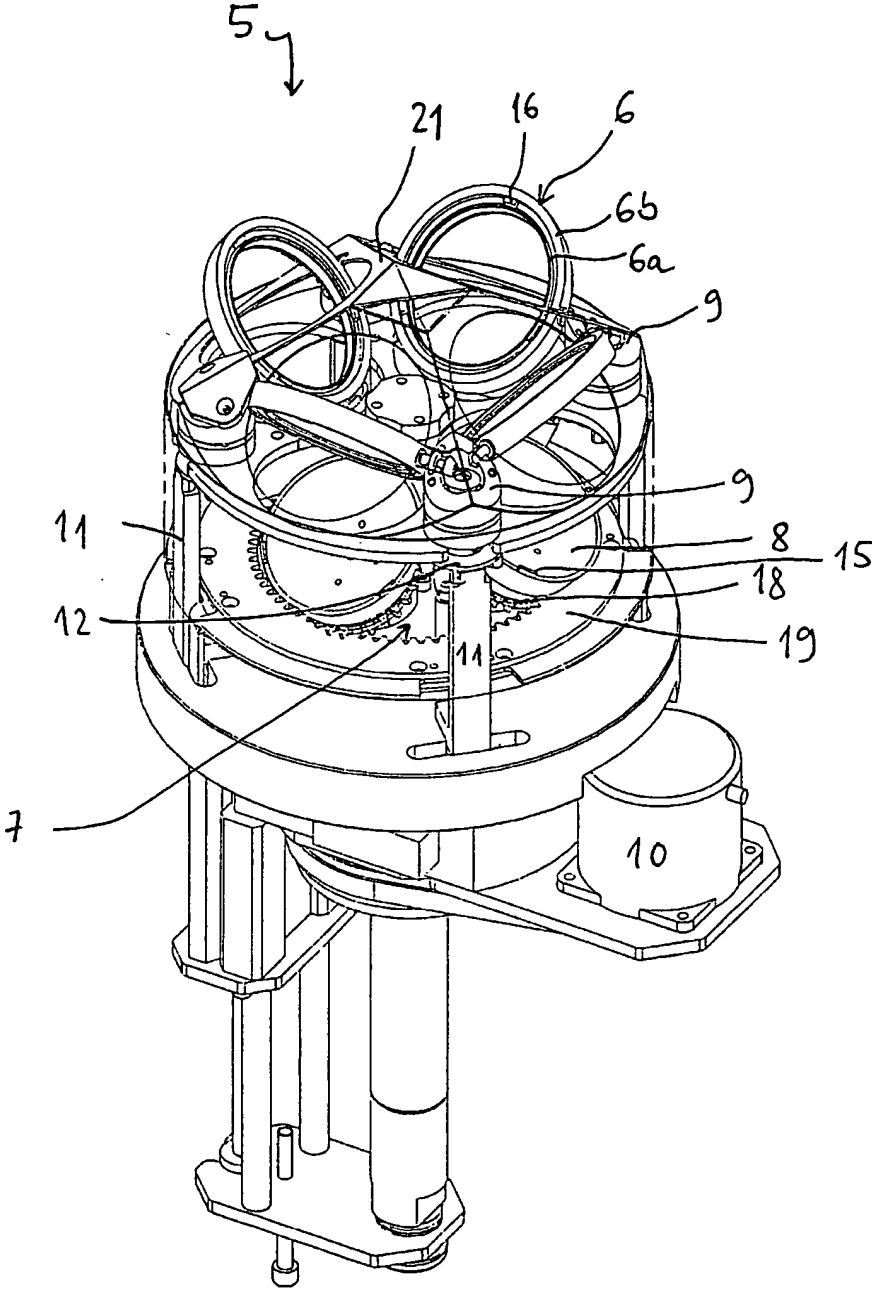


FIG. 3

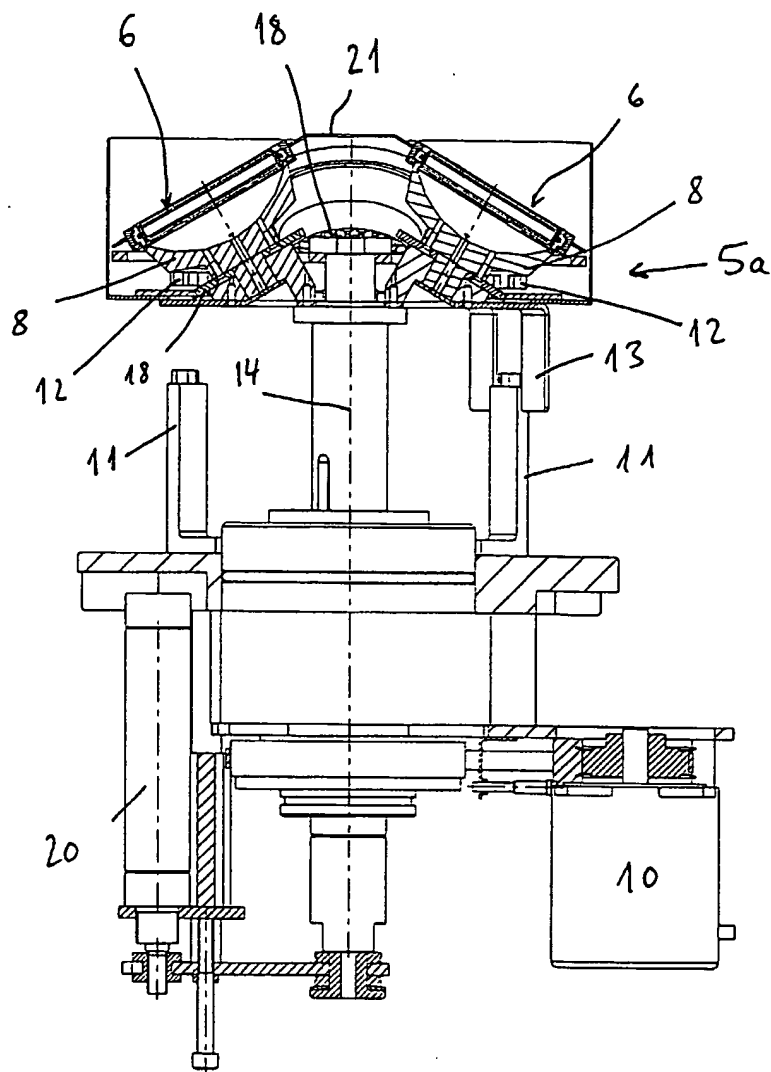


FIG. 4

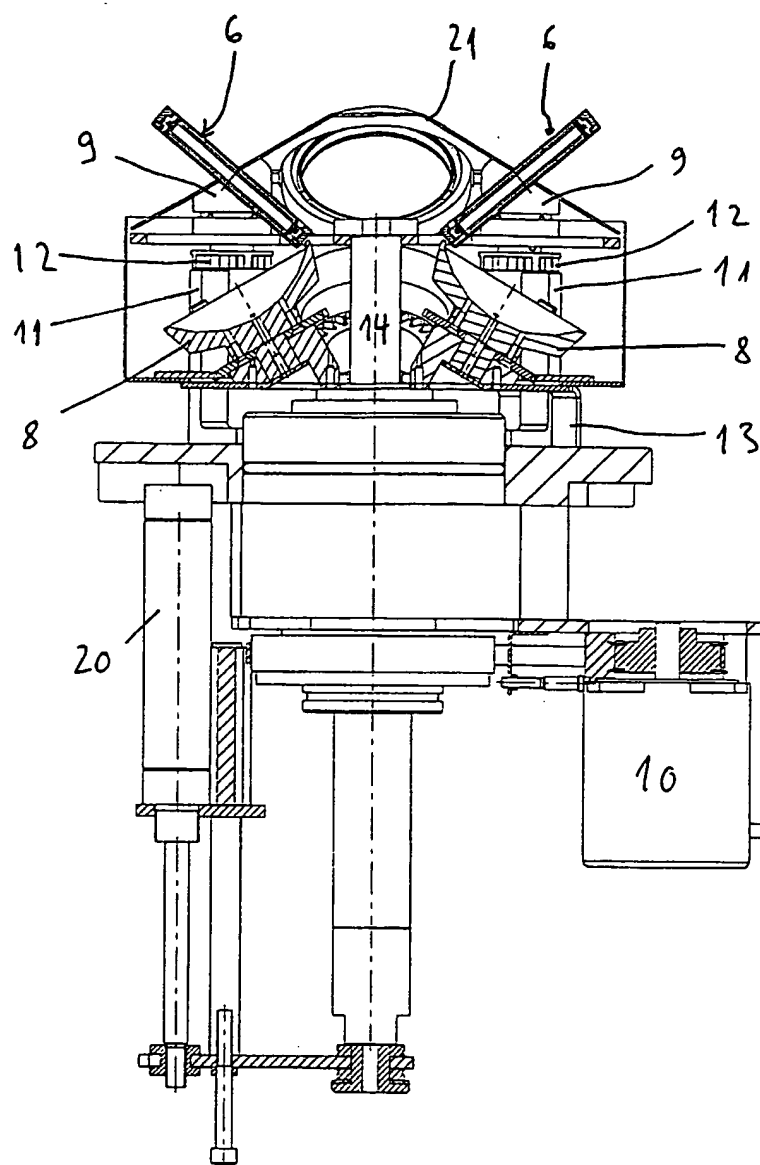


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 02/07141

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C23C14/50 C23C14/56 C23C14/06 C23C14/08 G02B1/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C23C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, INSPEC, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 427 671 A (AHMED NADIR A G) 27 June 1995 (1995-06-27) column 4, line 45 - line 62; figure 1 column 9, line 12 - line 33 ---	13,14
X	US 6 143 143 A (SPENCER ALARIC GRAHAM ET AL) 7 November 2000 (2000-11-07) cited in the application	1-3
A	column 4, line 58 - line 63; claims; figure 4 ---	4-12
A	DE 41 17 257 A (LEYBOLD AG) 3 December 1992 (1992-12-03) examples -----	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 October 2002

Date of mailing of the international search report

14/10/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Patterson, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/07141

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5427671	A	27-06-1995	EP 0493382 A1 WO 9105077 A1	08-07-1992 18-04-1991
US 6143143	A	07-11-2000	AT 174636 T AU 7389294 A DE 69415324 D1 DE 69415324 T2 EP 0714454 A1 EP 0789091 A1 WO 9505494 A1	15-01-1999 14-03-1995 28-01-1999 15-07-1999 05-06-1996 13-08-1997 23-02-1995
DE 4117257	A	03-12-1992	DE 3942990 A1 DE 4117257 A1	20-06-1991 03-12-1992

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/07141

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 C23C14/50 C23C14/56 C23C14/06 C23C14/08 G02B1/10		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 C23C		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) WPI Data, PAJ, INSPEC, EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 427 671 A (AHMED NADIR A G) 27. Juni 1995 (1995-06-27) Spalte 4, Zeile 45 - Zeile 62; Abbildung 1 Spalte 9, Zeile 12 - Zeile 33 ---	13,14
X	US 6 143 143 A (SPENCER ALARIC GRAHAM ET AL) 7. November 2000 (2000-11-07) in der Anmeldung erwähnt	1-3
A	Spalte 4, Zeile 58 - Zeile 63; Ansprüche; Abbildung 4 ---	4-12
A	DE 41 17 257 A (LEYBOLD AG) 3. Dezember 1992 (1992-12-03) Beispiele -----	1-12
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : 'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist 'E' Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist 'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) 'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht 'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist 'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist 'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden 'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist 'Z' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 7. Oktober 2002		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 14/10/2002
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Patterson, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/07141

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5427671	A	27-06-1995	EP 0493382 A1	08-07-1992
			WO 9105077 A1	18-04-1991
US 6143143	A	07-11-2000	AT 174636 T	15-01-1999
			AU 7389294 A	14-03-1995
			DE 69415324 D1	28-01-1999
			DE 69415324 T2	15-07-1999
			EP 0714454 A1	05-06-1996
			EP 0789091 A1	13-08-1997
			WO 9505494 A1	23-02-1995
DE 4117257	A	03-12-1992	DE 3942990 A1	20-06-1991
			DE 4117257 A1	03-12-1992